FRANCE STRATÉGIE

ÉVALUER ANTICIPER DÉBATTRE PROPOSER

LA NOTE D'ANALYSE

MAI 2022 n° 108

Risques climatiques, réseaux et interdépendances : le temps d'agir

Ce travail mené sur les réseaux d'électricité, de transports routier et ferroviaire et de télécommunications rappelle la vulnérabilité des infrastructures qui les composent dans le contexte d'un climat en pleine évolution. La hausse des températures moyennes et l'intensification des canicules représentent ainsi des risques, notamment pour les équipements actifs des réseaux de télécommunications. Les évolutions incertaines des régimes des vents violents et tempêtes auront, quant à elles, des conséquences sur les infrastructures aériennes des réseaux (lignes électriques ou de télécommunications, par exemple).

Surtout, ces réseaux sont associés, en fonctionnement normal comme en temps de crise, par de nombreux liens de dépendance, physiques ou découlant des relations entre les acteurs. Par exemple, les câbles électriques ou de télécommunications en proximité immédiate des routes sont soumis aux aléas touchant celles-ci et les réseaux de télécommunications dépendent de leur alimentation électrique. Cela tend à augmenter la vulnérabilité des réseaux au changement climatique. Face à ces risques, les actions mises en œuvre constituent des réponses encore partielles, ce qui impose de pleinement prendre en compte les interdépendances dans les stratégies d'adaptation.

Afin de répondre à ces enjeux et de contribuer à l'élaboration du volet « Adaptation » de la nouvelle Stratégie française énergie-climat, France Stratégie dresse des pistes d'actions pour l'État autour de trois axes (voir figure ci-dessous) : le renforcement et le partage des connaissances, la mise en place d'une gouvernance nationale, et l'expérimentation dans des territoires volontaires de stratégies d'adaptation intégrant les enjeux d'interdépendances. L'ensemble de ces initiatives pourrait contribuer à des exercices de grande ampleur, telle une évaluation nationale des risques.

Trois axes pour faciliter l'adaptation des infrastructures de réseaux au changement climatique en tenant compte des interdépendances

AXE 1 Assurer des références partagées	AXE 2 Mettre en place une gouvernance nationale	AXE 3 Asseoir la vision nationale sur des démarches territorialisées
1. Faciliter l'utilisation d'un même jeu de projections climatiques par l'ensemble des acteurs	1. Créer une instance de travail rassemblant *a minima* les gestionnaires de réseaux et l'État	1. Proposer à des territoires d'expérimenter un système d'établissement d'un diagnostic et d'un plan d'action partagé à l'échelle locale
2. Renforcer la connaissance de l'état actuel des infrastructures de réseau et de leurs liens de dépendance	2. Inscrire dans la loi la réalisation d'une feuille de route conjointe d'adaptation des réseaux au changement climatique	2. Éprouver un système de remontée et de capitalisation des informations au sein de l'instance nationale

Source : France Stratégie

Claire Rais Assa, Anne Faure, Maxime Gérardin

Département Développement durable et numérique*

La *Note d'analyse* est publiée sous la responsabilité éditoriale du commissaire général de France Stratégie. Les opinions exprimées engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du gouvernement.

*Les auteurs remercient l'ensemble des personnes auditionnées au sein des entreprises contactées et des relecteurs, ainsi qu'Antoine Manteaux, Jeanne Michaud, Massamba Ngom et Florian Tirana, étudiants au sein du mastère spécialisé « Politiques et actions publiques pour le développement durable » d'AgroParisTech et de l'École des Ponts ParisTech au moment de l'étude.

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

INTRODUCTION

Le changement climatique n'est une réalité lointaine ni dans le temps, ni dans l'espace : ses premiers effets sont visibles dans le monde entier et vont fortement s'accentuer. Le diagnostic actuel établi par Météo France en se fondant sur les différents scénarios d'évolution des émissions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) peut être résumé comme suit[1] :

- en ce qui concerne la température annuelle moyenne, dans le cas du scénario RCP4.5[2], elle devrait être en hausse de 2,1 °C à horizon 2100 (par rapport à la période 1976-2005) à l'échelle française, avec un gradient décroissant du Sud-Est au Nord-Ouest et un réchauffement plus marqué en été et en montagne ;
- les vagues de chaleur s'intensifient et s'allongent dans tous les scénarios : leur durée pourrait doubler dans le scénario le plus optimiste et être multipliée par dix dans le scénario le plus pessimiste ;
- en matière de précipitations, les incertitudes sont plus marquées mais celles-ci sont en légère augmentation (moins de 10 % d'augmentation) quel que soit le scénario d'évolution des émissions retenu. Les précipitations sont cependant en augmentation de plus de 10 % l'hiver et en baisse l'été.

Ces effets du changement climatique font des infrastructures des réseaux, notamment électriques, de transports ou de télécommunications, un enjeu central de la résilience de nos sociétés. Ainsi, la tempête *Alex* de 2020 a entraîné la destruction de routes, la coupure des réseaux d'eau, d'électricité et de télécommunications dans certaines vallées des Alpes-Maritimes[3] et le montant des dommages a été estimé à plus de un milliard d'euros par les collectivités[4]. L'anticipation de ces impacts apparaît de nature à pouvoir renforcer l'action et l'efficacité des dispositifs de gestion de crise déjà existants (voir encadré 1), par l'amélioration de la robustesse et de la résilience générale des infrastructures et la limitation des risques résiduels.

Si le cadre européen et national actuel rappelle l'importance d'adapter les infrastructures de réseaux, il ne met pas l'accent sur leurs interdépendances[5]. Or, celles-ci sont de plus en plus structurantes et, en lien avec le changement climatique, elles peuvent provoquer des réactions en cascade et générer des dégâts sans précédent[6].

À partir d'un diagnostic de la vulnérabilité générale des infrastructures de transports routier et ferroviaire, de distribution d'électricité et de télécommunications (filaires, hertziens, satellitaires ainsi que les équipements associés à leur fonctionnement, notamment les centres de données) en France métropolitaine, la présente note met en perspective les interdépendances entre ces réseaux et ouvre des pistes pour l'action publique, dans le contexte des discussions relatives à l'élaboration de la Stratégie française énergie-climat et à la révision du Plan national d'adaptation au changement climatique[8].

Encadré 1 – La gestion des crises majeures en France

La France dispose d'une institution interministérielle relevant du Premier ministre, le Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN), qui coordonne notamment les actions d'anticipation, de prévention et de réponse aux crises de tous ordres[7]. En particulier, le SGDSN organise la préparation de la réponse aux crises au travers du dispositif relatif à la sécurité des activités d'importance vitale (AIV). Dans ce cadre, l'État associe l'ensemble des opérateurs d'importance vitale (OIV) à l'identification des points d'importance vitale (établissements, ouvrages ou installations fournissant des services et biens indispensables) et à la mise en place de plans de sécurité, de plans de protection particuliers et de plans de continuité d'activité. La mise en œuvre de ce dispositif implique l'ensemble des services de l'État et en particulier les préfets de zones de défense et de sécurité et les préfets de départements. Par ailleurs, la continuité de service des infrastructures de réseaux de transport et de distribution d'électricité, de transport de marchandises et de personnes, et des télécommunications est encadrée en Europe et en France par la stratégie de sécurité nationale et en particulier par la politique de sécurité des activités d'importance vitale (SAIV).

1. Météo France (2020), *Les nouvelles projections climatiques de référence Drias 2020 pour la métropole*, rapport.
2. Les scénarios RCP (pour *Representative Concentration Pathway*) sont des scénarios de référence d'évolution du forçage radiatif.
3. Météo France indique que ce genre d'évènements qualifiés d'« épisodes méditerranéens » sont de plus en plus intenses depuis les années 1990 et que leur intensité devrait encore s'accroître sous l'effet du réchauffement climatique. Voir notamment Météo France (2020), « Tempête Alex : des intempéries exceptionnelles », 3 octobre.
4. Ville F. (2020), « Tempête Alex : plus de un milliard d'euros pour reconstruire », *La Gazette des communes*, 23 octobre.
5. La Stratégie européenne pour l'adaptation intègre peu la question des interdépendances des réseaux, mais la directive dite CER (*Directive on the resilience of critical entities*), en préparation, devrait intégrer ces enjeux. Voir notamment : Commission européenne (2021), « Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions. Bâtir une Europe résiliente – la nouvelle stratégie de l'Union européenne pour l'adaptation au changement climatique », février.
6. Voir notamment Giec (2022), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, sixième rapport d'évaluation, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Box 6.2, février ; et CGEDD (2013), *Vulnérabilité des réseaux d'infrastructures aux risques naturels*, rapport, Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux, septembre.
7. Le site internet du SGDSN est accessible au lien suivant : http://www.sgdsn.gouv.fr/
8. Les réseaux d'eau et d'assainissement n'ont pas été traités dans le présent travail mais constituent des réseaux d'infrastructures qu'il conviendrait d'intégrer à une stratégie globale d'adaptation au changement climatique.

DES RÉSEAUX EXPOSÉS AU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE ET UN RISQUE DE DÉFAILLANCE HÉTÉROGÈNE

Vulnérabilités physiques au changement climatique

Le changement climatique fait peser de nombreux risques physiques sur les infrastructures de réseaux. Les infrastructures des réseaux électriques, de transports routier et ferroviaire et de télécommunications sont, à l'échelle locale, d'ores et déjà exposées aux aléas climatiques. À titre d'illustration, quelques exemples de risques liés au changement climatique sont présentés ci-après[9]. Tout d'abord, la hausse de la température moyenne, l'allongement et l'intensification des vagues de chaleur estivales, les sécheresses ou encore l'augmentation des départs d'incendie constituent notamment des risques :

- de surchauffe, voire d'incendie pour les composants électroniques et électriques de l'ensemble des réseaux étudiés ici. Sont en particulier sensibles les équipements des sites stratégiques, des sites mobiles (plus de 60 000 pour tous les opérateurs[10]) et des points de concentration locaux des réseaux fixes (plus de 14 000 nœuds de raccordement des réseaux fibre optique ou cuivre pour le seul opérateur Orange[11]) et des réseaux de télécommunications, ou encore les installations de traction électrique du réseau ferroviaire ;
- de dilatation accrue des rails ;
- d'interruption du transport d'électricité ou des télécommunications en fonction de la température de dimensionnement des câbles[12] et de la tenue à la chaleur des différents composants ;
- de dégradation des systèmes de climatisation d'équipements sur les sites stratégiques et les grands sites des réseaux de télécommunications[13], ou sur les points de concentration locaux des réseaux fixes, pouvant avoir un fort impact selon le nombre de lignes et d'utilisateurs desservis ;
- de rupture d'exploitation des réseaux d'électricité et de transports ainsi que de destruction des poteaux des réseaux de télécommunications, du fait de la multiplication des zones susceptibles de subir des incendies ;
- de ralentissement des travaux de maintenance lors des canicules.

Ensuite, les inondations, quelle que soit leur origine, les submersions (notamment liées à la hausse du niveau des mers) ou encore les glissements de terrain peuvent entraîner des coupures de la circulation à la suite de déformations structurelles des infrastructures, voire la destruction localisée de certaines portions des réseaux de transport terrestre ou d'infrastructures (pylônes et antennes) des réseaux de télécommunications ou d'électricité[14].

Enfin, les tempêtes et vents violents tels que les épisodes méditerranéens constituent un risque d'endommagement des infrastructures aériennes (câbles, lignes) des réseaux d'électricité ou des ouvrages d'art des réseaux routiers et ferroviaires. Pour les opérateurs de télécommunications, le risque est la déstabilisation des pylônes, antennes ou poteaux nécessaires au fonctionnement de la boucle locale[15]. Par exemple, Orange dispose d'un parc constitué de plus de 16 millions de poteaux (parfois communs avec l'opérateur Enedis), ce qui constitue un point de vulnérabilité.

La quantification des effets socioéconomiques du changement climatique, notamment sur les infrastructures, est complexe et encore parcellaire[16]. Néanmoins, toutes les projections anticipent des hausses des coûts liées aux impacts des aléas climatiques sur les infrastructures de transport à l'échelle européenne[17]. Par exemple, les risques d'inondations affectant le réseau ferroviaire pourraient doubler ou tripler dans le cas d'un niveau de réchauffement global compris entre +1,5 °C et +3 °C et générer des surcoûts annuels de plus de un milliard d'euros pour les pouvoirs publics si des mesures d'adaptation ne sont pas mises en œuvre[18].

9. Durant les entretiens menés, d'autres phénomènes météorologiques (comme la neige collante) ou évolutions tendancielles dues au changement climatique (comme la hausse du niveau de la mer ou l'augmentation des incendies) ont été abordés.
10. Selon l'Agence nationale des fréquences (ANFR) en mai 2022.
11. Les sites stratégiques et les plus gros sites des réseaux de télécommunications disposent de systèmes de refroidissement. Ce n'est pas le cas pour les plus petits sites, notamment les sites mobiles.
12. La chaleur dilate et allonge les câbles, si bien qu'une ligne électrique ne peut fonctionner que jusqu'à une certaine température, qui dépend des dimensionnements retenus à sa conception.
13. Les sites stratégiques sont au nombre d'une centaine pour le seul opérateur Orange.
14. À titre d'illustration, en 2011, en Thaïlande, les réparations des infrastructures routières suite à des inondations ont coûté 4,5 milliards de dollars. Voir Hall J.W., Aerts J.C.J.H., Ayyub B.M. *et al*. (2019), « Adaptation of Infrastructure Systems: Background Paper for the Global Commission on Adaptation », Environmental Change Institute, université d'Oxford.
15. Définition de l'Arcep : la boucle locale est le circuit physique qui relie le point de terminaison du réseau dans les locaux de l'abonné au répartiteur principal.
16. COACCH (2018), *The Economic Cost of Climate Change in Europe: Synthesis Report on State of Knowledge and Key Research Gaps*, dirigé par Watkiss P., Troeltzsch J. et McGlade K., Policy brief by the COACCH project, mai.
17. *Ibid*.
18. Bubeck P., Dillenardt L., Alfieri L. *et al*. (2019), « Global warming to increase flood risk on European railways », *Climatic Change*, 155, avril, p. 19-36.

Face aux risques physiques, des actions d'adaptation variées

De manière générale, l'adaptation des infrastructures de ces réseaux au changement climatique demeure encore partielle aujourd'hui. En effet, la prise en compte des risques actuels et de leur évolution dans le contexte du changement climatique est hétérogène selon les secteurs. Or, pour le réseau routier par exemple, ces aléas climatiques représentent d'ores et déjà des coûts significatifs, comme le souligne la Cour des comptes[19].

En ce qui concerne les réseaux de transport et de distribution d'électricité, qui sont constitués de plus de 1,5 million de kilomètres de lignes électriques[20], des stratégies d'adaptation sont mises en œuvre par les gestionnaires en réponse à la plupart des aléas climatiques actuels, mais aussi en tenant compte du climat futur (voir tableau 1). Ces stratégies déployées ces dernières années se sont avérées payantes, par exemple lors des canicules estivales en réduisant le nombre d'incidents[21] ou lors des tempêtes hivernales en limitant les ruines généralisées de pylônes.

Des stratégies similaires ont été mises en place pour le réseau de télécommunications, parfois d'abord pour des raisons économiques ou opérationnelles, et sur la base de la connaissance des risques actuels sans anticipation du climat futur[22] : enfouissement des réseaux quand cela est économiquement possible, déploiement de parafoudres sur l'ensemble des équipements, utilisation de matériaux résistant aux fortes températures, ou encore stratégies de délestage entre les réseaux fixes, mobiles et satellitaires ou entre les réseaux d'opérateurs concurrents. Toutefois, ces actions présentent des aléas qui les rendent difficilement généralisables. Comme les solutions

Tableau 1 – Exemples d'adaptation des infrastructures des réseaux d'électricité dans le contexte du changement climatique

Aléas climatiques		Réseau de transport d'électricité	Réseau de distribution d'électricité
Tendanciels liés à l'évolution du climat	Hausse des températures	Révision à la hausse de la température de dimensionnement minimal des câbles (fixée à 65 °C depuis 2019 quand elle pouvait être de 40 °C à 60 °C auparavant)	Remplacement des accessoires (boîtes de transition entre les différentes portions des réseaux) et des câbles les plus fragiles (notamment les câbles les plus anciens au papier imprégné)
Extrêmes liés au changement de régime climatique	Vagues de chaleur		
	Inondations et glissements de terrain	Étude en cours sur les inondations à horizon 2050 en vue de l'optimisation du positionnement des nouveaux postes électriques (10 à 15 par an) et pylônes et éventuelle protection des sites existants	Utilisation de matériel plus résistant aux inondations, mise en place de moyens de réalimentation rapide et de capteurs de niveau d'eau
	Vents violents et tempêtes	Programme de sécurisation mécanique (2002-2014), gestion de la végétation autour des infrastructures	Enfouissement des lignes aériennes de moyenne tension (priorité pour les littoraux et les zones boisées) et rénovation des lignes maintenues aériennes pour étendre leur durée de vie d'environ vingt-cinq ans(*)

(*) Le rythme d'enfouissement actuel des lignes du réseau de distribution est d'environ 1 % par an (soit 3 000 kilomètres de lignes à haute tension, 3 000 kilomètres de lignes à basse tension et 8 000 kilomètres de nouveaux réseaux souterrains).

Lecture : l'anticipation de la hausse des températures et des vagues de chaleur estivales a conduit le gestionnaire du réseau de transport d'électricité à rehausser la température de dimensionnement minimale de ses câbles. Sur le réseau de distribution, une stratégie d'enfouissement des portions de réseau les plus exposées aux vents est mise en place.

Source : France Stratégie

19. Cour des comptes (2022), *L'entretien des routes nationales et départementales*, rapport, mars.
20. Selon RTE, le réseau de transport d'électricité se composait fin 2021 d'environ 106 000 kilomètres de lignes à haute tension, dont 7 000 kilomètres de liaisons souterraines. Selon Enedis, fin 2021, le réseau de distribution d'électricité était pour sa part composé de 659 000 kilomètres de lignes à haute tension (dont 52 % sont souterrains) et de 732 000 kilomètres de lignes à basse tension (dont 48 % souterrains). Voir RTE (2021), « Bilan électrique 2021. Réseau de transport – Évolution du réseau de transport ».
21. CGEDD et CGAAER (2020), *Retour d'expérience sur l'épisode caniculaire et la sécheresse de 2019*, rapport, avril.
22. Un rapport de 2018 soulignait la prise en compte limitée de l'évolution du climat dans les documents de référence (normes par exemple) disponibles pour les opérateurs des réseaux de télécommunications. Voir EY et ARCADIS (2018), *Adaptation des grands projets d'infrastructure au changement climatique. Rapport pays pour la France*, p. 21.

alternatives à la fibre (mobiles puis satellites) ont des performances moindres, il peut s'avérer difficile de basculer des réseaux fixes vers ces solutions alternatives, même temporairement, en particulier lorsque les besoins en débits sont importants (hôpitaux, industries). Les stratégies d'enfouissement sont quant à elles coûteuses à l'installation et en maintenance[23].

Dans le cas du transport ferroviaire, un travail de recherche et développement est mené pour permettre l'utilisation de matériaux plus résistants à la chaleur (fibre de verre, par exemple) et des stratégies de gestion du trafic, pouvant aller jusqu'à l'interruption, sont mises en place l'été et renforcées lors des canicules.

Face au changement climatique, les vulnérabilités ne sont pas que matérielles

Au-delà des risques physiques pesant sur les infrastructures de réseau, le changement climatique fait peser des risques de différentes natures sur les organisations. Par exemple, les périodes de canicule présentent des risques sanitaires pour les travailleurs. Ainsi, pour Orange, ce sont environ 20 000 techniciens d'intervention (en intégrant des sous-traitants) qui peuvent être exposés à des conditions climatiques extrêmes dans l'exercice de leur activité de maintenance ou de réparation des équipements[24]. Les auditions réalisées soulignent que les enjeux assurantiels et financiers sont également prégnants et devraient être pris en compte dans des approches plus larges d'évaluation des risques, ce qui rejoint les conclusions d'un avis d'avril 2022 du Conseil économique, social et environnemental[25].

Dans le cas du réseau routier, la multiplicité des gestionnaires, une connaissance de l'état du réseau limitée et atomisée et un manque de moyens constituent autant de fragilités structurelles limitant le déploiement de stratégies d'adaptation[26]. Dans ce contexte, le rôle des opérateurs techniques publics, comme le Cerema, à même d'accompagner les gestionnaires de réseaux dans l'évaluation des vulnérabilités et la mise en place de plans d'actions, s'avère central (voir encadré 2) et complémentaire de l'ingénierie privée. Cet enjeu lié à la multiplication des acteurs concerne également les réseaux de télécommunications, notamment dans le cadre du déploiement de la fibre où trois types d'opérateurs sont impliqués (opérateur d'infrastructure qui varie selon la zone d'intervention, opérateur commercial et opérateur industriel), mais aussi du fait de la part importante de la sous-traitance dans les équipes d'intervention technique.

Par ailleurs, l'habitude d'une posture curative – et non anticipative – peut également accroître les difficultés constatées chez certains gestionnaires d'infrastructures. Ainsi, en ce qui concerne le réseau routier, les budgets d'urgence dédiés aux réparations des dommages augmentent sans que des stratégies d'anticipation des risques soient mises en place[27]. D'où l'intérêt de pouvoir objectiver les dépenses évitées par l'adoption de stratégies d'adaptation, en regard de ces coûts de maintenance et d'entretien.

Encadré 2 – Le Cerema, un acteur central dans l'accompagnement des gestionnaires d'infrastructures de transport

Depuis une dizaine d'années déjà, le Cerema s'est engagé dans le développement d'outils pratiques et l'accompagnement des gestionnaires d'infrastructures de transport routières, ferroviaires et portuaires pour les aider dans leurs démarches d'amélioration de la résilience au changement climatique. Il a notamment élaboré une méthodologie d'analyse de vulnérabilité, publiée en 2019 sous la forme d'un guide méthodologique[28].

La méthodologie s'inscrit dans le cadre plus global d'une démarche d'adaptation au changement climatique, qui comprend également la définition d'une stratégie d'adaptation avec des solutions priorisées. L'objectif de la démarche est d'aider les gestionnaires de réseaux à adapter leurs solutions techniques – notamment – aux contraintes climatiques futures et à prioriser les solutions d'adaptation, pour améliorer les politiques et stratégies de gestion et optimiser les dépenses budgétaires. Cette méthode a été appliquée à plusieurs reprises sur différents réseaux dans des contextes territoriaux variés.

23. Les coûts de dévoiement de réseaux enfouis représentent de l'ordre de 100 millions d'euros par an pour Orange. Ces dévoiements sont réalisés à la demande des autorités lorsque les infrastructures de génie civil d'Orange sont impactées par des travaux (tramways, routes, etc.).
24. Ce risque a été identifié lors d'un exercice d'audit interne mené par l'organisation.
25. CESE (2022), *Climat, cyber, pandémie : le modèle assurantiel français mis au défi des risques systémiques*, par Arav F. et Brunet F.-X., Avis du Conseil économique, social et environnemental, avril.
26. La démarche de l'Observatoire national de la route (ONR) va dans le bon sens, mais le rapport 2021 soulignait encore le manque de données pour aboutir à une vision globale. Voir IDRRIM (2021), *Rapport ONR 2021*, novembre.
27. Cour des comptes (2022), *L'entretien des routes nationales et départementales*, *op. cit*.
28. Cerema (2019), *Vulnérabilités et risques. Les infrastructures de transport face au climat*, coll. « Connaissances ».

Tableau 2 – Essai de qualification des risques pesant sur les infrastructures de réseaux

ALÉAS CLIMATIQUES		RÉSEAU : Transport d'électricité	Distribution d'électricité	Transport ferroviaire	Transport routier	Télécommunications fixes	Télécommunications mobiles
Tendanciels	Hausse de la température moyenne	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange	Orange
Extrêmes	Vagues de chaleur, incendies et sécheresse	Orange	Orange	Orange	Orange	Rouge	Rouge
	Inondations, submersions, crues et glissements de terrain	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Orange	Orange
	Vents violents et tempêtes	Vert	Orange	Rouge	Vert	Orange	Orange

Note : l'évaluation qualitative est proposée à partir des entretiens réalisés pour l'étude (en particulier RTE, Enedis, SNCF Réseau, le Cerema et Vinci Autoroutes). La couleur représente l'intensité du risque physique (du vert lorsque la vulnérabilité est limitée, du rouge lorsqu'elle est forte).

Lecture : le risque physique que les vents violents et les tempêtes font peser sur les infrastructures de transport est jugé limité et la hausse de la température moyenne a été anticipée en ce qui concerne les infrastructures d'électricité (cases vertes). Les inondations font peser des risques de déformations structurelles, voire de ruptures des infrastructures des réseaux de transport (cases en rouge). Les vagues de chaleur font peser des risques importants sur le fonctionnement des systèmes de climatisation des équipements actifs stratégiques des réseaux de télécommunications (cases en rouge).

Source : France Stratégie

Essai de qualification globale des risques pesant sur les infrastructures de réseau

Sans que cela occulte la dimension territoriale de la vulnérabilité des réseaux au changement climatique, les éléments présentés *supra* permettent de proposer une vision qualitative du risque (voir tableau 2). Les risques physiques les plus marqués concernent les infrastructures de transports, notamment en lien avec les inondations ou le phénomène de retrait-gonflement des argiles[29], ainsi que les infrastructures de télécommunications, en lien avec les vagues de chaleur et les enjeux de climatisation des équipements actifs.

À titre d'illustration, les fortes précipitations survenues en juillet 2021, qui ont touché l'Allemagne, la Belgique, le Luxembourg et les Pays-Bas, ont causé environ deux cents décès et entraîné la destruction de routes, de réseaux d'électricité et d'habitations[30]. Dès le mois d'août, une aide à la reconstruction de 30 milliards d'euros était annoncée en Allemagne.

LES INTERDÉPENDANCES : UNE DIMENSION NÉGLIGÉE DE L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Au-delà des risques pesant sur chaque réseau, ces derniers sont de plus en plus connectés les uns aux autres, ce qui engendre des interdépendances (voir encadré 3 page suivante).

Ces réseaux peuvent donc être impactés négativement par un évènement – relatif ou non au changement climatique – affectant un autre réseau dont ils dépendent (voir schéma 1). À titre d'exemple, l'incendie, sans lien avec le changement climatique, d'un poste électrique à Issy-les-Moulineaux à l'été 2018 a provoqué des coupures d'électricité pour environ 6 000 foyers pendant une journée et impacté le réseau ferroviaire en dégradant l'exploitation de la gare Montparnasse à Paris. Par ailleurs, des travaux estiment qu'une crue de la Seine pourrait représenter 30 milliards d'euros de dommages directs et jusqu'à 58 milliards d'euros au total en raison de l'arrêt complet ou partiel des activités et de la propagation des impacts[31]. Les perturbations liées aux effets du changement climatique sur les infrastructures sont significativement plus importantes dans le cas de réseaux interconnectés et peuvent avoir des conséquences sociales et économiques majeures[32].

29. Voir la série de fiches « Résilience des infrastructures » du Cerema.
30. Cet évènement extrême a depuis été relié au changement climatique. Voir Kreienkamp F., Philip S.Y., Tradowksy J.S. *et al*. (2021), « Rapid attribution of heavy rainfall events leading to the severe flooding in Western Europe during July 2021 », World Weather Attribution, août.
31. Bouquentin M., Vuillet M., Lhomme S., Cariolet J.-M. et Diab Y. (2018), « AMDE et REX : Développement d'un premier formalisme pour améliorer l'étude empirique des (inter)dépendances et des défaillances en cascade entre les infrastructures et réseaux techniques urbains », 10es journées Fiabilité des matériaux et des structures, Bordeaux, les 27 et 28 mars 2018.
32. Voir notamment Giec (2022), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, *op. cit*., Box 6.2 et Jaroszweski D., Wood R. et Chapman L. (2021), « Chapter 4: Infrastructure », *in* Betts R.A., Haward A.B. et Pearson K.V. (dir.), *The Third UK Climate Change Risk Assessment Technical Report*, Londres, préparé pour le Climate Change Committee, p. 4-5.

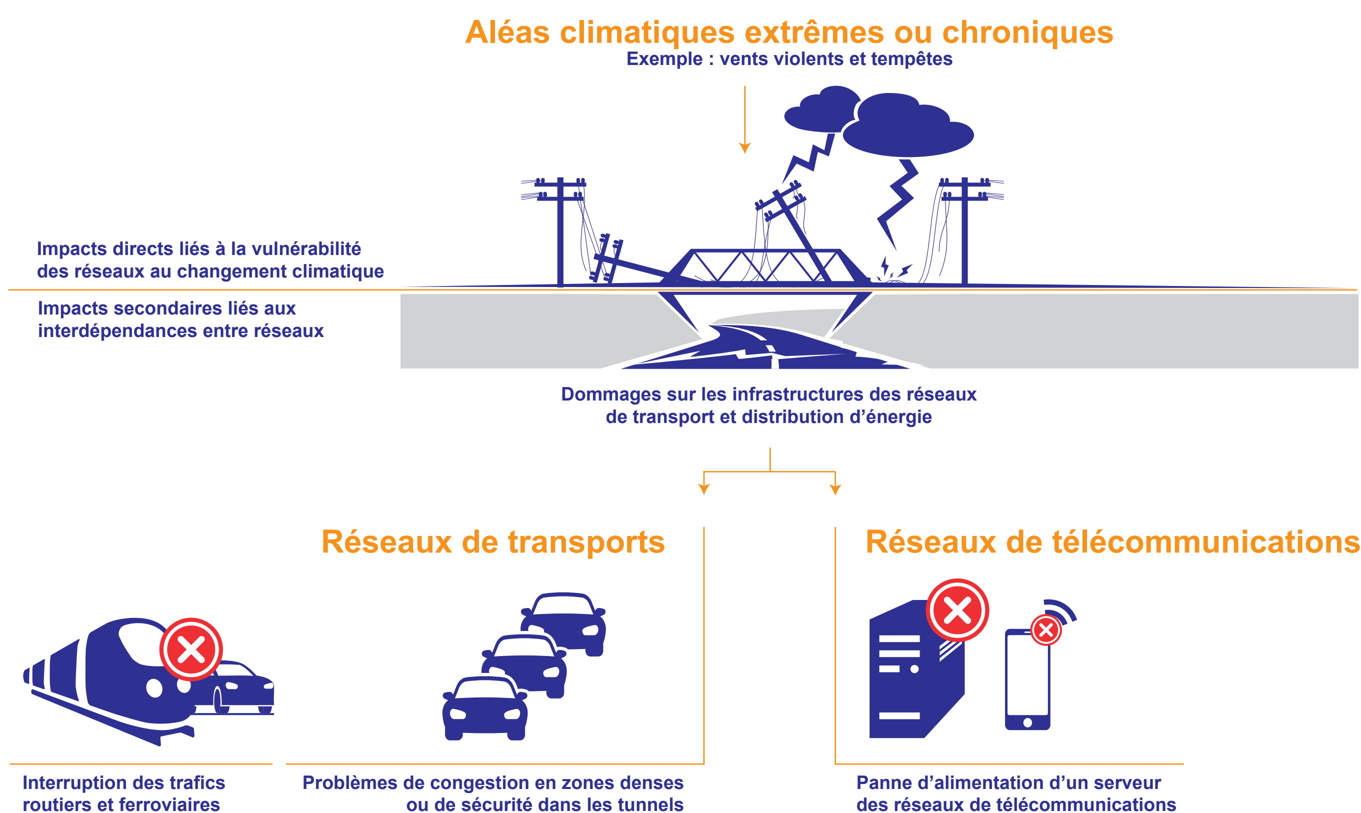
Encadré 3 – Nature des interdépendances et interactions avec le changement climatique

Quatre catégories d'interdépendances sont considérées[33] : les interdépendances physiques mettant en jeu des liens matériels et physiques entre les infrastructures ; les interdépendances géographiques fondées sur les liens de proximité entre infrastructures ; les interdépendances cybernétiques reposant sur une transmission d'informations et les interdépendances logiques regroupant les liens de dépendance politiques, organisationnels ou encore sociétaux entre parties prenantes.

Selon le Giec, les liens de dépendance cruciaux dans le contexte du changement climatique sont les suivants : l'utilisation des technologies de l'information et de la communication pour le fonctionnement de nombreuses infrastructures de réseau, notamment le ferroviaire ; l'utilisation d'eau à des fins de production d'électricité ou de refroidissement d'unités de production d'énergie ; l'utilisation d'énergie pour le fonctionnement des systèmes d'infrastructures ; l'utilisation des systèmes de transport pour l'accès aux ressources ou les réponses d'urgence et la proximité géographique des infrastructures qui entraînent une exposition simultanée à des risques[34].

Diverses méthodologies d'évaluation des vulnérabilités aux changements climatiques intègrent les enjeux d'interdépendances[35]. Par exemple, l'Institut de relations internationales et stratégiques (Iris) a défini une méthode d'évaluation de la vulnérabilité des emprises militaires françaises aux changements climatiques[36]. Cette méthode intègre les enjeux liés aux interdépendances et aux boucles de rétroaction pouvant impacter l'emprise militaire.

Schéma 1 – Exemple théorique de dommages en cascade liés à des interdépendances



Lecture : des vents violents peuvent engendrer des dommages importants sur les infrastructures de transport et/ou de distribution d'électricité. En cascade, le trafic ferroviaire peut être interrompu et les serveurs de réseaux de télécommunications peuvent subir des pannes. L'ensemble a des impacts socioéconomiques plus larges que les seuls dommages physiques sur les infrastructures de réseau. En France, le programme de sécurisation mécanique du réseau de transport d'électricité a permis de limiter les probabilités d'effets en cascade décrits dans le schéma pour l'aléa tempête.

Source : France Stratégie à partir de la figure 6.2 de Giec (2022), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, *op. cit.*, p. 1123

33. Rinaldi S. M., Peerenboom J. P. et Kelly T. K. (2001), « Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies », *IEEE Control Systems Magazine*, 21(6), p. 11-25.
34. Giec (2022), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, *op. cit.*, Box 6.2.
35. Voir par exemple : Dawson Richard J. (2015), « Handling Interdependencies in Climate Change Risk Assessment », *Climate*, 3(4), p. 1079-1096 ; ou Yang Z., Clemente M.F., Laffréchine K., Heinzlef C., Serre D. et Barroca B. (2022), « Resilience of Social-Infrastructural Systems: Functional Interdependencies Analysis », *Sustainability*, 14(2), 606.
36. Gemenne F., Kabbej S., Taithe A., Tasse J. et Babalone F. (2021), *CEMC: Climate Change Evaluation Methodology for Military Camps*, rapport d'étude n° 16, Iris et Observatoire géopolitique des enjeux des changements climatiques en termes de sécurité et de défense, mai.

Dans le cadre de cette étude, les interdépendances physiques rencontrées sont liées au réseau d'électricité, car les réseaux étudiés sont pour partie dépendants de leur approvisionnement en électricité[37]. C'est le cas du réseau ferroviaire, dont 58 % sont électrifiés (supportant 80 % du trafic) et dont le taux d'électrification a progressé de presque 14 % en vingt ans[38]. Des relations de dépendance existent entre les réseaux de télécommunications et de distribution d'électricité : les premiers dépendent d'une alimentation électrique régulière et les seconds font face à une digitalisation croissante. Les interdépendances géographiques entre les infrastructures sont liées à l'enfouissement sous les routes ou le long des lignes ferroviaires de câbles électriques ou de la fibre optique par exemple. En cas de dégât sur le génie civil de l'infrastructure de transport, ces réseaux pourraient être interrompus. Les intersections entre réseaux de transport (croisement entre un axe routier et un axe ferroviaire, par exemple) constituent un nœud d'interdépendance géographique, où la défaillance d'un seul ouvrage d'art peut avoir des conséquences démultipliées. Les interdépendances géographiques ont, à l'instar des conséquences du changement climatique, une dimension territoriale (voir encadré 4). L'identification des territoires présentant des spécificités géographiques porteuses de vulnérabilités (enclavement, altitude, fortes pentes, littoraux, etc.) pourrait venir alimenter une réflexion sur la différenciation des stratégies d'adaptation et des modalités d'accompagnement à mettre en place.

Les interdépendances cybernétiques impliquent directement les réseaux de télécommunications et l'utilisation des technologies d'information et de communication. Les télécommunications sont indispensables tant pour la gestion quotidienne que pour la gestion de crise, notamment dans la mesure où elles permettent la coordination des équipes d'intervention.

Les réseaux électriques et de télécommunications : des sources d'interdépendances critiques

La vulnérabilité et la criticité des réseaux au regard de leurs interdépendances sont diverses (voir tableau 3 page suivante). Ainsi, la défaillance des réseaux de transport d'électricité provoquerait l'arrêt de la distribution électrique,

Encadré 4 — Illustration des enjeux d'interdépendance entre réseaux dans le cas de la tempête *Alex* dans les Alpes-Maritimes

La tempête Alex*, survenue en octobre 2020, est un épisode méditerranéen extrême qui a affecté cinq vallées des Alpes-Maritimes, dont trois particulièrement sinistrées (la Vésubie, la Roya et la Tinée). L'activité torrentielle, inédite dans la période récente, a entraîné un changement complet de la topographie des vallées avec des reculs de berges et de versants et des apports sédimentaires massifs qui ont parfois enterré le lit historique des torrents. Le lit de la rivière Vésubie par exemple est passé d'une dizaine de mètres à cent mètres de large dans le secteur de Saint-Martin-Vésubie. Le premier bilan en sortie de crise faisait état de neuf décès et neuf disparus et de plus de un milliard et demi d'euros de dégâts.*

Vulnérabilité des réseaux et interdépendances géographiques

De nombreuses communes des vallées se sont retrouvées sans eau ni électricité, sans liaisons routières et ferroviaires et sans moyens de communication téléphonique (les sites mobiles, cuivre et fibre optique ayant été touchés). Lors de la tempête, le contact avec certaines communes a été perdu pendant plus de vingt-quatre heures et la vallée transfrontalière de la Roya est restée isolée pendant plus de trois mois.

Les crues torrentielles ont embarqué les routes sous lesquelles tous les réseaux de câbles étaient enterrés (notamment électriques, fibre et cuivre). Le besoin de réseaux de transport fonctionnels pour accéder aux autres infrastructures endommagées dans les vallées a également été mis en lumière. Dans la vallée de la Roya, la ligne ferroviaire entre Breil-sur-Roya et Saint-Dalmas-de-Tende avait repris la circulation le 19 octobre (soit seize jours seulement après le passage de la tempête) alors qu'aucune route ne permettait d'accéder au fond de la vallée. La ligne a été de nouveau suspendue le mois suivant, suite au constat de fragilités causées par la tempête sur l'un des ouvrages d'art.

Gouvernance et gestion de crise : des interdépendances logiques

Le Centre opérationnel départemental de la préfecture, dédié à la gestion de crise, a été activé pendant un mois et demi. Il associait les services de l'État et des collectivités, les services de secours et les opérateurs. En complément, des cellules thématiques ont été mises en place. En particulier, une cellule dédiée aux infrastructures a été constituée pour pallier les difficultés de rapprochement entre opérateurs, car la concertation entre les différents opérateurs était complexe.

37. Le réseau routier ne dépend que partiellement du réseau électrique dans la mesure où les routes peuvent être empruntées sans signalisation ni péage, même si cela peut poser des problèmes importants de congestion en zones denses et de sécurité dans certaines zones telles que les tunnels, passages à niveau, etc.
38. Ministère de la Transition écologique (2021), *Chiffres clés du transport – Édition 2021*, mai.

Tableau 3 – Vision qualitative des interdépendances entre réseaux

ET LE … / LIEN DE DÉPENDANCE ENTRE LE …	Réseau routier	Réseau ferroviaire	Réseau d'électricité : Transport	Réseau d'électricité : Distribution	Réseau de télécommunications : Fixe	Réseau de télécommunications : Mobile
Réseau routier		gris	gris	orange	gris	gris
Réseau ferroviaire	vert		vert	vert	gris	gris
Réseau d'électricité : Transport	vert	rouge		rouge	rouge	rouge
Réseau d'électricité : Distribution	gris	rouge	gris		rouge	rouge
Réseau de télécommunications : Fixe	gris	gris	orange	orange		orange
Réseau de télécommunications : Mobile	gris	gris	orange	orange	vert	

Note : la couleur indique le degré du lien de dépendance du réseau en colonne vis-à-vis de celui en ligne : le lien de dépendance est plus important dans le cas d'une case rouge que dans celui d'une case verte.

Lecture : le réseau ferroviaire, le réseau de télécommunications et le réseau de distribution d'électricité sont fortement dépendants du réseau de transport d'électricité (cases en rouge). En revanche, le réseau routier n'est que peu dépendant des réseaux d'électricité, à l'exception d'interdépendances liées aux péages ou éléments de circulation (cases en gris). Des interdépendances géographiques existent entre de nombreux réseaux et en particulier avec le réseau routier, compte tenu de la présence des câbles électriques ou de télécommunications sous les routes ou le long de celles-ci (première ligne du tableau). Les réseaux d'électricité sont dépendants des télécommunications, notamment dans le cas du pilotage de la distribution par exemple (cases en orange).

Source : France Stratégie

du transport ferroviaire et d'une partie des réseaux de télécommunications[39]. Les autres réseaux d'infrastructures sont particulièrement dépendants des systèmes de télécommunication (par exemple pour le pilotage dynamique de la production d'énergie). En outre, des interdépendances géographiques existent aussi du fait du rassemblement des câbles électriques et de télécommunications sur les mêmes poteaux ou sous les mêmes axes de transport par exemple. Enfin, lors de crises, d'autres relations de dépendance apparaissent : d'une part des infrastructures de communication d'urgence sont nécessaires en cas de catastrophes et les infrastructures routières deviennent cruciales pour l'accès aux zones sinistrées et, d'autre part, la coordination des stratégies d'intervention est cruciale (comme le montre l'exemple de l'encadré 4).

En croisant cette matrice avec le tableau 2, la criticité des réseaux électriques et de télécommunications ressort fortement compte tenu de l'exposition de ces réseaux aux risques climatiques qui vont s'aggraver et du nombre de réseaux et systèmes en dépendant[40].

Par ailleurs, au-delà de la question des impacts physiques du changement climatique, la dépendance des secteurs étudiés ici au système électrique soulève la question de leur résilience face à d'éventuelles situations de délestage, nées d'une inadéquation production-consommation, en lien ou non avec le climat. La vague de froid ayant privé plus de 3,5 millions de foyers d'électricité au Texas en février 2021, l'étude Futurs énergétiques 2050 menée par RTE ou encore le travail d'évaluation des risques liés au changement climatique au Royaume-Uni attestent que les extrêmes climatiques peuvent provoquer des situations de tension sur le système électrique[41]. En la matière, les besoins concernent à la fois la disponibilité d'une énergie électrique stable et continue à un tarif compatible avec le modèle économique des différents opérateurs, la capacité du réseau électrique à fournir une alimentation continue – notamment lors des pics d'utilisation du réseau (18 h - 22 h) – et la capacité à anticiper des opérations de délestage (probables en raison de la diversification des sources d'approvisionnement).

39. À titre d'illustration, environ 80 % de la consommation en électricité du groupe Orange est liée aux infrastructures de réseau. Ainsi, si les grands sites des opérateurs peuvent avoir installé des groupes électrogènes, les petits sites sont le plus souvent équipés de simples batteries qui ont une durée de vie limitée (entre trente minutes et quatre heures dans le meilleur des cas).
40. Cela rejoint des conclusions similaires de travaux menés à l'échelle du Royaume-Uni. Voir notamment Jaroszweski D., Wood R. et Chapman L. (2021), « Chapter 4: Infrastructure », *op. cit*., p. 4-5.
41. Voir notamment : RTE (2021), *Futurs énergétiques 2050. Principaux résultats*, octobre, p. 44 ; Jaroszweski D., Wood R. et Chapman L. (2021), « Chapter 4: Infrastructure », *op. cit*., p. 4-5 et « Une vague de froid historique aux États-Unis : plus de 3,5 millions de foyers privés d'électricité au Texas », *Le Monde*, 17 février 2021.

Les difficultés inhérentes à la prise en compte des interdépendances

Les interdépendances revêtent une importance cruciale mais le sujet de l'adaptation des infrastructures de réseau au changement climatique est encore principalement envisagé de manière sectorielle par les différentes parties prenantes. Pourtant, un opérateur ayant scrupuleusement adapté ses infrastructures au climat futur restera vulnérable si les réseaux dont il dépend n'ont pas adopté une stratégie d'adaptation suffisante.

Plusieurs difficultés peuvent expliquer le fait que les interdépendances soient actuellement peu intégrées aux stratégies d'adaptation et renvoient notamment à l'un des défis identifiés par le Haut Conseil pour le climat ; le passage « d'une réponse réactive, sectorielle et au cas par cas, à une logique systémique, proactive, préventive et anticipative[42] » :

- l'identification des risques et des interdépendances est complexe : cela suppose en effet de bien évaluer les risques pesant sur chaque infrastructure et d'en projeter les effets sur les autres réseaux en fonction des liens de dépendance ;
- l'habitude des postures réactives demeure ancrée : la complexité et les coûts de coordination associés aux enjeux d'interdépendances peuvent avoir pour effet d'inciter les acteurs à privilégier une posture réactive ;
- enfin, un manque global de coopération a été souligné par le Giec[43] : ainsi, en France, il n'existe pas d'enceinte de dialogue pour permettre des échanges structurés entre parties prenantes, en articulant différentes échelles spatiales[44].

Des pistes d'action existent : les exercices de crise et la redondance

Pour dépasser ces difficultés, l'organisation d'exercices peut se révéler utile et l'apport des expériences de gestion de crise être mobilisé. Ainsi, le ministère de la Transition écologique organise actuellement des exercices de gestion de crise d'origine climatique (sécheresse, inondation, grand froid, tempête, etc.) avec les opérateurs de fourniture/distribution d'électricité ou de carburants et de transport (par exemple l'initiative Labo-crise). La préfecture de police de Paris a organisé un exercice de gestion de crise, Sequana 15/18, qui a permis de faire interagir de nombreux opérateurs et les pouvoirs publics face à une crue fictive de la Seine. L'exercice Zita de préparation à un cyclone, mené en Guadeloupe en 2021 avec l'ensemble des acteurs concernés[45], constitue un autre exemple. De tels exercices permettent d'une part aux différents acteurs de coopérer en temps réel et d'autre part d'identifier les difficultés existantes (organisation du partage de données confidentielles, habitudes de travail différentes, etc.) et les moyens de les lever. En élargissant ce type d'exercices au-delà de la gestion de crise, ils apparaissent de nature à faciliter l'émergence d'une culture commune de l'adaptation.

Dans plusieurs cas, et en particulier dans celui de la dépendance aux réseaux électriques ou de télécommunications (notamment pour la gestion de crise), des stratégies d'adaptation fondées sur la redondance sont privilégiées[46]. Ainsi, il est possible de rediriger le trafic routier vers une autre portion du réseau et c'est également le cas pour l'électricité ou les réseaux de télécommunications. Sur les points sensibles du réseau autoroutier comme les tunnels, des équipements de secours tels que des générateurs électriques ou des clés 4G peuvent être déployés pour suppléer temporairement aux défaillances des réseaux électriques ou de communication[47]. Cette stratégie implique néanmoins des efforts de maintenance des systèmes redondants, pouvant paraître moins essentiels en situation nominale. De plus, les dispositifs de secours prévus pour assurer l'alimentation électrique d'une antenne de télécommunication ont une autonomie de trente minutes environ et ne peuvent donc pas suffire en cas de panne prolongée.

ENSEIGNEMENTS POUR LES POUVOIRS PUBLICS

L'État, par sa vocation à réunir l'ensemble des parties prenantes concernées (et ce à l'échelle nationale comme locale), apparaît pouvoir jouer un rôle décisif et incitatif pour une meilleure prise en compte des enjeux de l'adaptation des réseaux face au changement climatique et de leurs interdépendances. Plusieurs leviers pourraient être activés et sont présentés ci-après.

42. Haut Conseil pour le climat (2021), *Renforcer l'atténuation, engager l'adaptation*, rapport annuel, chapitre 4, juin.
43. Giec (2022), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, *op. cit*., Box 6.2.
44. Les situations sont évidemment hétérogènes, comme en témoignent les exemples d'échanges entre deux opérateurs cités lors des auditions réalisées (RTE et Enedis ou RTE et Orange se rencontrent par exemple régulièrement).
45. Voir notamment : Préfet de la région Guadeloupe (2021), « Exercice cyclonique ZITA : alerte rouge, partagez les messages d'alerte et consignes de sécurité », 7 mai.
46. Zimmerman R. (2002), « Enjeux et gestion des interactions entre les différents réseaux d'infrastructure », *Flux*, 47, p. 54-68.
47. C'est notamment une action mise en œuvre par Vinci Autoroutes.

Renforcer les connaissances

Le travail mené souligne l'importance de renforcer :

- la capacité à se projeter dans un climat futur différent de celui d'aujourd'hui, à une échelle territoriale fine, en se fondant sur des scénarios partagés : il apparaît nécessaire que les gestionnaires des différents réseaux puissent s'appuyer sur un même jeu de projections climatiques et des impacts attendus ;
- la connaissance de l'état actuel des infrastructures de réseaux et des interdépendances, en organisant le partage de connaissance ;
- les outils permettant de capitaliser sur cette connaissance[48], en amorçant le développement d'un outil cartographique d'identification des interdépendances, notamment géographiques, entre les différentes infrastructures[49].

Au-delà de ces prérequis, il est également nécessaire de disposer de méthodologies permettant de passer de l'évaluation d'impacts physiques liés au changement climatique à celle des impacts socioéconomiques, de manière à chiffrer à la fois les coûts du changement climatique et les coûts de l'adaptation[50].

Développer une vision nationale des enjeux

La révision du Plan national d'adaptation au changement climatique constitue une opportunité pour associer l'ensemble des gestionnaires de réseaux (de transports, d'électricité, de télécommunications mais aussi d'eau et d'assainissement par exemple) à une réflexion nationale articulant adaptation au changement climatique et interdépendances. L'accompagnement, par l'État, de la mise en place d'une instance de dialogue dédiée au sujet pourrait être envisagé. Les axes suivants seraient ainsi abordés au sein d'une enceinte interministérielle à même de porter une approche transversale :

- remontée et concaténation des diagnostics des vulnérabilités des opérateurs ;
- identification de territoires particulièrement vulnérables et/ou présentant des interdépendances stratégiques ;
- partage d'expériences et de bonnes pratiques sur les stratégies d'adaptation sectorielles ;
- identification des interdépendances entre réseaux, sur le territoire national mais aussi avec l'international[51]. En effet, leur inclusion au sein de réseaux européens d'une part, et l'exposition à des évènements climatiques pouvant avoir une échelle géographique plus large que le seul territoire national d'autre part, soulignent les enjeux de coopération internationale ;
- construction d'un diagnostic partagé des interdépendances et proposition d'actions pour en limiter les effets ;
- évaluation des montants nécessaires et discussion des mécanismes de financement potentiels.

Ces discussions à l'échelon national pourraient se concrétiser au travers de la définition d'une feuille de route conjointe d'adaptation des infrastructures de réseaux au changement climatique, intégrant une clause de revoyure pour s'assurer de la mise en place des actions et de leur pertinence. À l'instar de ce qui était prévu dans la dite « loi climat et résilience » sur la définition des feuilles de route de décarbonation pour les filières les plus émettrices[52], cela pourrait être prévu dans la loi de programmation énergie-climat (dont l'adoption est envisagée en 2023).

Favoriser l'émergence de démarches locales

Plusieurs arguments soulignent l'intérêt de territorialiser ces enjeux liés aux interdépendances pour en faciliter la prise en compte et la gestion. À l'échelle locale, le sujet paraît plus facilement délimitable qu'à l'échelle nationale et les gestionnaires de réseaux présents dans les territoires sont susceptibles de disposer de connaissances fines des vulnérabilités[53]. Par ailleurs, l'adaptation au changement climatique comporte de nombreuses dimensions territoriales, ce qui justifie de mener les diagnostics à une maille géographique fine.

Ainsi, en se fondant sur les connaissances déjà accumulées dans le cadre de la mise en œuvre du plan ORSEC par les préfets de départements et de zones[54], un travail associant l'ensemble des parties prenantes du territoire et

48. Cet enjeu de connaissance de l'état des réseaux fait notamment partie des recommandations de la Cour des comptes : « organiser au niveau national une remontée obligatoire des données relatives à l'ensemble des réseaux routiers et les intégrer dans un système d'information partagé ».
49. Le Giec souligne ainsi que ces nœuds cruciaux entre infrastructures sont souvent situés dans la périphérie des zones urbaines. Voir Giec (2022), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, *op. cit*., Box 6.2.
50. Sur le plan de l'évaluation des impacts du changement climatique, les projets européens COACCH ou PESETA contribuent à construire une vision agrégée. Le projet Quanti-Adapt piloté par l'Institut de l'économie pour le climat permettra par ailleurs de disposer d'éléments de coûts de l'adaptation selon différents scénarios et pour des secteurs cruciaux.
51. En effet, les réseaux français d'infrastructures sont également dans des relations de dépendance avec des réseaux internationaux d'infrastructures, ce qui ne doit pas être ignoré.
52. Voir l'article 301 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets.
53. Par exemple, au sein de la SNCF, des études de vulnérabilité des axes ferroviaires sont réalisées par les représentations régionales.
54. Voir notamment : Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises (2009), *Guide ORSEC départemental et zonal. Mode d'action, rétablissement et approvisionnement d'urgence des réseaux électricité, communication électronique, eau, gaz, hydrocarbures*, partie 2.1.6.

a minima les gestionnaires de réseaux, les services de l'État et les collectivités pourrait être mené pour identifier les impacts de l'évolution du climat sur ces infrastructures et sur les interdépendances existantes. Les groupes régionaux d'expertise sur le climat pourraient également être associés à la démarche[55]. Le but serait de faire émerger des diagnostics et plans d'actions concernant les interdépendances les plus critiques. Une expérimentation pourrait d'abord être menée dans un nombre restreint de territoires volontaires, présentant à la fois des enjeux d'exposition aux aléas et des interdépendances critiques[56]. Ces territoires pilotes pourraient être identifiés lors de la mise en place de l'enceinte de dialogue (voir *supra*) et le retour d'expérience pourrait servir de base à l'élargissement du dispositif et à la consolidation d'une vision globale.

CONCLUSION

Outre la vulnérabilité des réseaux étudiés aux effets du changement climatique, dès aujourd'hui et *a fortiori* face au climat futur, l'étude met en avant la forte hétérogénéité des capacités de prise en compte de ces risques par l'ensemble des parties prenantes. En particulier, les interdépendances entre ces réseaux restent peu traitées. Cela constitue un axe de travail pour la puissance publique, à la fois au niveau national, par exemple dans le cadre de la révision de la Stratégie française énergie-climat, et au niveau territorial pour favoriser, organiser et pérenniser les échanges entre parties prenantes, au premier chef desquels les gestionnaires de réseaux. Les pistes d'action présentées apparaissent de nature à pouvoir faire évoluer globalement les stratégies d'entretien et de maintenance des réseaux. De plus, la démarche proposée ici dans le champ de l'adaptation des infrastructures au changement climatique pourrait venir alimenter des exercices d'anticipation et de préparation aux risques majeurs. En particulier, une évaluation nationale des risques, élargie aux risques autres que d'origine climatique et proche de ce qui avait pu être proposé par le Conseil d'État[57], pourrait reposer sur des procédures semblables, favorisant des approches transversales et permettant d'intégrer les enjeux d'interdépendances.

Mots clés : adaptation, interdépendances, changement climatique, réseaux, risques, électricité, ferroviaire, routier, télécommunications.

55. Voir les sites internet de ces groupes régionaux rassemblant des scientifiques experts du sujet, comme par exemple : http://www.grec-sud.fr/, https://grec-idf.eu/ ou encore https://www.acclimaterra.fr/.
56. Il est difficile de fixer au préalable le périmètre idéal d'une telle expérimentation. Il devra être réfléchi en concertation entre les représentants de l'État et des collectivités. Le niveau du département, *a minima*, paraît une échelle pertinente pour la prise en compte des interdépendances au niveau des collectivités concernées et des acteurs de terrain.
57. Dans une étude de 2018, le Conseil d'État fait notamment référence aux démarches de *National Risk Assessment* promues par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Voir Conseil d'État (2018), *La prise en compte du risque dans la décision publique. Pour une action publique audacieuse*, juin, Partie 2.1, p. 83-85.





Directeur de la publication : Gilles de Margerie, commissaire général ;
directeur de la rédaction : Cédric Audenis, commissaire général adjoint ;
secrétariat de rédaction : Gladys Caré, Valérie Senné ;
dépôt légal : mai 2022 - N° ISSN 2556-6059 ;
contact presse : Matthias Le Fur,
directeur du service Édition-Communication-Événements,
01 42 75 61 37, matthias.lefur@strategie.gouv.fr

RETROUVEZ LES DERNIÈRES ACTUALITÉS DE FRANCE STRATÉGIE SUR :



Institution autonome placée auprès du Premier ministre, France Stratégie contribue à l'action publique par ses analyses et ses propositions. Elle anime le débat public et éclaire les choix collectifs sur les enjeux sociaux, économiques et environnementaux. Elle produit également des évaluations de politiques publiques à la demande du gouvernement. Les résultats de ses travaux s'adressent aux pouvoirs publics, à la société civile et aux citoyens.

FRANCE STRATÉGIE – 20, AVENUE DE SÉGUR – TSA 90725 – 75334 PARIS CEDEX 07 TÉL. +(33)1 42 75 60 00